

Evaluación de la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas de América Central. Parte 2. Estudio de caso en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua¹

**Laura Benegas²; Francisco Jiménez³;
Bruno Locatelli⁴; Jorge Faustino⁵;
Max Campos⁶**

El estándar de evaluación propuesto determinó que la subcuenca Aguas Calientes posee una baja adaptación a la sequía. Entre las estrategias de adaptación se encontraron la recuperación del bosque, la aplicación de tecnologías de captación y almacenamiento de agua de lluvia, la protección de fuentes de agua y las asociaciones de productores como microempresas.



Fotos: Laura Benegas.

¹ Basado en Benegas Negri, L.A. 2006. Propuesta metodológica para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas en América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 160 p.

² Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, CATIE. lbenegas@catie.ac.cr

³ Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

⁴ CIRAD UPR Ressources Forestières, Montpellier 34398 Francia; CATIE; Grupo Cambio Global, Turrialba, Costa Rica. blocatel@catie.ac.cr

⁵ Grupo Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, CATIE. faustino@catie.ac.cr

⁶ ccrh@racsa.co.cr

Resumen

Se aplicó una metodología para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. La valoración determinó una baja adaptación (promedio de 2 en una escala de 1 a 5). Se identificaron y caracterizaron las estrategias y tecnologías que aplican los productores agropecuarios para adaptarse a la variabilidad climática y a la sequía. En general, las estrategias y tecnologías empleadas para adaptarse a la sequía no se relacionan con el estrato de la cuenca; algunas sí dependen de la zona de la cuenca, como el empleo de sistemas de riego, captación y almacenamiento de agua, uso de barreras vivas o muertas, abonos verdes y plantación de frutales. Como alternativa de diversificación, se determinó la factibilidad financiera de dos cultivos adaptados a la sequía y producidos en la subcuenca - el henequén y la pitahaya. La producción de henequén bajo el sistema tradicional de la subcuenca es una actividad económicamente poco sostenible. El cultivo de pitahaya, en todos los escenarios estudiados, arrojó indicadores financieros que harían atractiva la inversión.

Palabras claves: Cuencas hidrográficas; productores; cambio climático; sequía; adaptación; estudios de casos; río Aguas Calientes; Nicaragua.

Summary

Evaluation of the the farmer's adaptation to the climate variability, specifically drought in Central America's watershed. Part 2. Study of case in the sub-watershed of Aguas Calientes, Nicaragua.

A methodology was applied to evaluate farmers' adaptation to climate variability, and mainly to drought, in the sub-watershed of Aguas Calientes, Nicaragua. The results showed a low level of adaptation (2 in a 1-to-5 scale). Strategies and technologies used by farmers to adapt to climate variability and drought were identified and characterized. In general, strategies and technologies used for climate variability adaptation are not related to watershed strata; however, some of them are strata-dependent, like irrigation systems, water harvesting and storage, use of living and non-living barriers, green manures and fruit plantations.

Financial feasibility of two crops adapted to drought and produced in this watershed -henequen and pitahaya- was determined, as a diversification alternative. Traditional systems of henequen production in the sub-watershed are unsustainable. On the contrary, all the scenarios evaluated for pitahaya showed positive financial indicators that would make attractive the inversion in this crop.

Keywords: Watershed; farmers; climate change; drought; adaptation; studies of case; Aguas Calientes river; Central America; Nicaragua.

Introducción

La fase complementaria lógica y necesaria en el proceso de desarrollo de una metodología es su validación en condiciones reales. La metodología desarrollada para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas en América Central se describió en Benegas et ál., pág. 107 en este mismo número de la RRNA. El estudio de caso que a continuación se detalla se basa en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua,

la cual presenta condiciones frecuentes de variabilidad climática y sequía. La región de las Segovias, en donde se ubica la subcuenca del río Aguas Calientes, presenta gran variabilidad de precipitaciones, un periodo anual de sequía generalmente mayor de seis meses y periodos caniculares irregulares; la principal actividad agrícola en esa zona es la producción de granos básicos (MARENA 2004).

En zonas con limitaciones o excesos hídricos y alta variabilidad climática, los productores enfrentan diariamente el reto de producir al

menos para la subsistencia de sus familias. Allí, el cambio climático agudiza aún más la situación. Para sobrevivir en este ambiente social y biofísico, los productores recurren a diferentes estrategias, prácticas y tecnologías; por ejemplo, el ajuste de las fechas de siembra, el empleo de variedades con ciclos diferenciados, la microzonificación de la finca, el uso de cultivos resistentes/tolerantes, riego, evitación y manejo de cultivos. Las condiciones de sequía y variabilidad climática que presenta la zona de estudio requieren estrategias y tecnologías de adaptación, así como

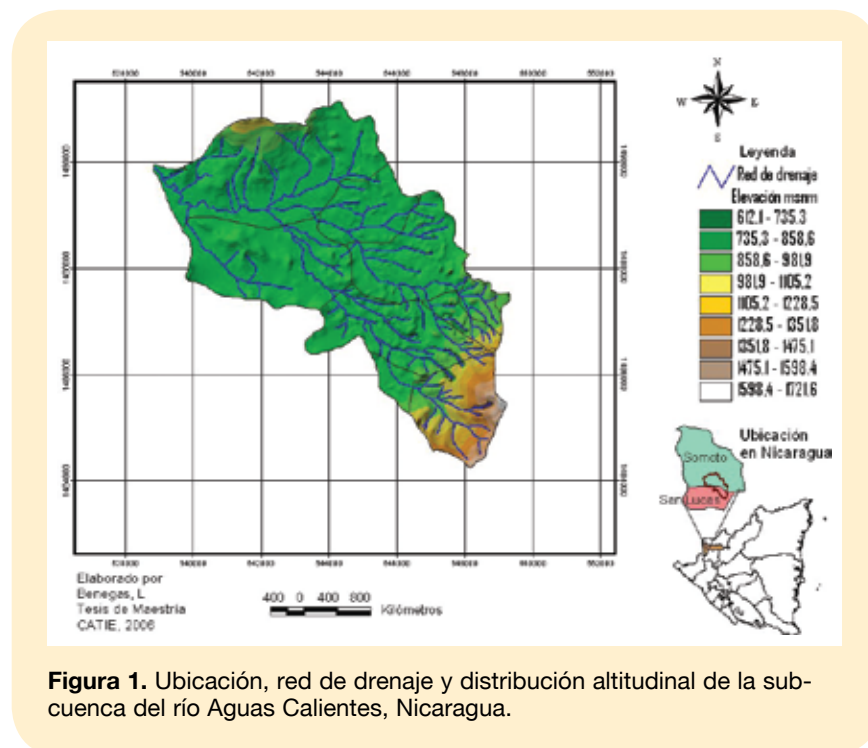
alternativas productivas ecológica y socioeconómicamente viables. Dos cultivos con potencial de adaptación a las condiciones agroclimáticas de la zona son el henequén y la pitahaya. El henequén (*Agave fourcroydes*) es originario de las áreas secas de la península de Yucatán, México; pertenece a la familia de las agavaceas, las principales productoras de fibras duras (León 1987). La pitahaya es una planta suculenta rústica y xerofítica de la familia de las cactáceas, trepadora, perenne, de conformación arbustiva, originaria de México; se desarrolla bien en zonas de baja o mediana precipitación. En Nicaragua, la especie más cultivada es *Hylocereus trigonus*, que tiene tallos de tres aristas y frutos de colores rojo a rojo intenso, morado claro y amarillo claro (López 1996).

El estudio tuvo tres objetivos complementarios: a) Aplicar la metodología desarrollada para evaluar la adaptación a la variabilidad climática y calificar el nivel de adaptación de la subcuenca. b) Plantear estrategias y tecnologías de adaptación que puedan integrarse a los planes de manejo de la subcuenca. c) Evaluar el potencial del henequén y la pitahaya como alternativas productivas en las estrategias de adaptación a la sequía y la variabilidad climática en la subcuenca.

Metodología

Localización y características principales del área de estudio

La subcuenca del río Aguas Calientes se ubica en la región de Las Segovias, departamento de Madriz, entre las coordenadas 13°24'10" y 13°29'28" latitud norte y 86°34'12" y 86°39'39" longitud oeste (Alcaldía Municipal de Somoto 2001). La subcuenca forma parte de la red del río Coco y posee numerosos tributarios (Fig. 1). En el área de estudio hay diez comunidades, ocho del municipio de Somoto (Aguas Calientes, Quebrada de Agua, Mansico, Los Copales, Santa Rosa, Rodeo No. 2,



Santa Isabel, Unile) y dos del municipio de San Lucas (El Volcán y El Porcal). La subcuenca abarca una superficie de 47,4 km² (4737 ha) en los municipios de Somoto (84,5%) y San Lucas (15,5%). La altitud varía de 620 a 1730 msnm, aunque el 70% del área está entre 620 y 800 msnm (Cajina 2006).

El clima de la subcuenca es tropical seco. La precipitación media anual de los últimos 43 años es de 823 mm con variaciones entre 448 mm y 1449 mm. A través del año, las lluvias son muy irregulares en cantidad e intensidad. En general se dan dos periodos estacionales: un periodo seco desde diciembre a abril y un periodo lluvioso de mayo a noviembre; en este último entre julio y agosto se presenta un subperiodo de bajas precipitaciones (y a veces totalmente seco) llamado canícula, con duración variable de 15 a 40 días. La canícula, la baja precipitación y la irregularidad de las lluvias afectan los rendimientos de los cultivos, principalmente los granos básicos. Gómez (2003) indica que el periodo de canícula generalmente coincide con el periodo de floración

o llenado del grano de maíz y frijol, lo que afecta fuertemente el rendimiento de los cultivos y la seguridad alimentaria de los pobladores.

Recolección y análisis de la información

En el Cuadro 1 se presenta un resumen del proceso metodológico desarrollado durante el estudio de caso. Para determinar el grado de cumplimiento del estándar en la subcuenca, se solicitó la colaboración de 22 técnicos que trabajan en la zona. Cada evaluador recibió una hoja con el estándar completo y un instructivo acerca del llenado. Se utilizó una escala fija de calificaciones (Cuadro 2). El promedio final para la subcuenca del río Aguas Calientes se obtuvo de los puntajes asignados por cada evaluador a cada uno de los principios, criterios, indicadores y verificadores.

Para la recolección de la información primaria (estrategias y tecnologías de adaptación a la sequía y a la variabilidad climática empleadas por los productores) se tomó la finca como unidad principal de análisis.

Cuadro 1.

Proceso metodológico desarrollado durante el estudio de caso en la subcuenca del río Aguas Calientes

Objetivo específico	Actividades	Información recolectada	Método de análisis
Aplicar la propuesta metodológica utilizando como estudio de caso la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.	<ul style="list-style-type: none"> » Análisis multicriterio del estándar aplicado para calificar el nivel de adaptación de la subcuenca. » Encuestas a productores agropecuarios de las comunidades (155, 13% de la población) escogidas por estrato de la subcuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> » Calificación promedio del nivel de adaptación de la subcuenca. » Características de los productores en cuanto a su actividad agropecuaria, estrategias y tecnologías de adaptación a la sequía, percepción de la variabilidad climática. 	<ul style="list-style-type: none"> » Ponderaciones y promedios con base en escalas fijas (ver detalle a continuación) » Estadísticas descriptivas (máxima, mínima, promedio y desviación estándar de los datos continuos) y tablas de contingencia (prueba de chi cuadrado) sobre los principales datos cualitativos de las encuestas.
Plantear estrategias y tecnologías de adaptación adecuadas para integrarlas en planes de manejo a nivel de subcuenca, según nivel de adaptación a la sequía y variabilidad climática.	<ul style="list-style-type: none"> » Taller con líderes de las comunidades de la subcuenca y con los principales técnicos de las instituciones que trabajan en el área. 	<ul style="list-style-type: none"> » Comunidades y sectores de mayor vulnerabilidad a la sequía en la subcuenca. Estrategias y tecnologías como alternativas de solución. 	<ul style="list-style-type: none"> » Determinación de rangos de vulnerabilidad a la sequía en las diferentes comunidades (SIG usando mapa base de vulnerabilidad a la sequía (Gómez 2003). » Composición, ordenamiento y clasificación de las ideas.
Evaluar el potencial del henequén y la pitahaya como alternativas productivas con adaptación a condiciones de sequía, al nivel de finca.	<ul style="list-style-type: none"> » Encuesta a productores que realizan esta actividad 	<ul style="list-style-type: none"> » Costo de producción del cultivo en fincas, oferta local (superficie cultivada e intenciones de expansión), productividad, precio de venta, demanda local y regional, cadena de comercialización. 	<ul style="list-style-type: none"> » Cálculo de indicadores financieros: VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno), B/C (relación beneficio costo).

Se define como finca al hogar cuya principal fuente de ingresos es la producción agropecuaria. Se seleccionaron comunidades representativas de la zona alta, media y baja de la subcuenca, de manera que se pudiera establecer la existencia o no de conexiones entre las prácticas desarrolladas por los productores de las diferentes zonas; esto permitió inferir si se aplica o no un enfoque de cuencas hidrográficas. Se estableció un tamaño de muestra proporcional al tamaño de cada estrato.

Las comunidades muestreadas se seleccionaron con base en los resultados del estudio de Lorío (2004). En la parte alta: El Volcán y El Porcal; en la parte media: Unile, Quebrada de Agua, Mansico y Santa Isabel; en la parte baja: Aguas Calientes y Santa Rosa. La fase de campo se desarrolló entre los meses de enero y julio del 2006.

Para evaluar el potencial financiero de los cultivos de henequén y pitahaya se elaboraron modelos de costos de producción para ambos, partiendo de los sistemas descritos

Cuadro 2.

Escala de calificaciones para los elementos del estándar

Puntaje	Descripción
0	Principio, criterio, indicador o verificador no aplicable en la subcuenca.
1	Muy baja adaptación: Condición/situación extremadamente débil, muy desfavorable; se deben tomar medidas fuertes.
2	Baja adaptación: condición/situación pobre, desfavorable, debido a las características propias de la región; es necesario mejorar.
3	Moderada adaptación: situación aceptable, al menos para las características de la región, se necesita ajustes mínimos.
4	Alta adaptación: situación/condición muy favorable.
5	Muy alta adaptación: situación/condición ideal.

por los productores de la subcuenca. En los modelos de producción considerados se buscó construir el sistema que integre todas las actividades que se realizan en el cultivo; es decir que el modelo no representa a un productor particular entrevistado sino el sistema de producción promedio que existe en la subcuenca del río Aguas Calientes. Para el cultivo de henequén se consideró una superficie media de 0,70 ha; se incluyeron todos los gastos desde el establecimiento de la plantación hasta la finalización de un ciclo de

producción de diez años de duración. Se tomó este periodo debido a que el mismo representa en promedio la vida útil del cultivo si se le da el manejo apropiado. Después de diez años, los rendimientos disminuyen considerablemente, por lo que se debe renovar la plantación.

Para la pitahaya, el sistema de producción incluye el establecimiento, la limpieza del área, acarreo, hoyado y plantación con tutores tomados de la propia finca o de la comunidad, por lo que no representan un costo adicional. A partir del

segundo año se da un mantenimiento sencillo con podas de formación y saneamiento, limpieza, aplicación de insecticidas, fungicidas y abono orgánico elaborado por el propio agricultor. Debido a que el sistema de cultivo de pitahaya en la subcuenca se da en el patio o huerto casero, con un manejo muy tradicional y prácticamente sin inversiones, el mismo fue comparado con otros dos sistemas de producción de pitahaya: el sistema semi-tecnificado en Masaya, la zona productora por excelencia, y el de la zona de Mozonte en la parte norcentral de Nicaragua. Las condiciones topográficas y climáticas de Mozonte son similares a las de Aguas Calientes. Por lo tanto, se consideraron tres escenarios: (1) el sistema de huerto casero en la subcuenca, (2) el sistema de producción de Mozonte, (3) el sistema de producción de Masaya.

A partir de los modelos para los sistemas de producción de henequén y pitahaya se calcularon los indicadores financieros de valor actual neto, tasa interna de retorno y relación beneficio-costos, para así obtener indicadores comparables con otras opciones productivas y proporcionar un elemento de decisión al productor a la hora de pensar en la diversificación con estos cultivos. Para el análisis se utilizó una tasa de descuento (td) del 10%, basada en las tasas de interés que pagan los bancos en Nicaragua para ahorros en moneda local (8-12% anual). Además, por medio de análisis de sensibilidad se ensayaron los cambios que sufrirían estos sistemas de producción al modificar algunos elementos de la producción y comercialización.

Resultados y discusión

Calificación del nivel de adaptación a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en la subcuenca del río Aguas Calientes. Se obtuvo como promedio general, un nivel de adaptación de 2 (a partir

de la sumatoria del peso de cada elemento jerárquico con el valor de cada uno), lo cual indica que la subcuenca Aguas Calientes presenta deficiencias en cuanto a su adaptación a la sequía como componente más importante de la variabilidad climática natural. Los cuatro elementos que recibieron una puntuación de uno (muy baja adaptación) fueron aquellos que tienen que ver con el racionamiento y uso más eficiente del agua (I5.2.3 y V5.2.3.1), los seguros agrícolas (V1.1.4.3) y el turismo ambientalmente amigable (V4.1.5.2). Dos elementos recibieron una puntuación de cuatro (alta adaptación); los correspondientes a la institucionalidad presente en la cuenca (P2 y C2.1). Ver información sobre principios, criterios, indicadores y verificadores en Benegas et ál., pág. 107 en este mismo número de la RRNA).

Estrategias y tecnologías de adaptación a la sequía

Para analizar si las estrategias y tecnologías de adaptación tenían un enfoque de cuencas hidrográficas se desarrollaron tablas de contingencia y pruebas de hipótesis de independencia de variables. Se encontró que en las comunidades de la subcuenca se practican estrategias y tecnologías de adaptación independientes del estrato considerado; ellas son: utilización de cultivos adaptados (variedades criollas de granos básicos), semillas mejoradas y cultivos alternativos; microzonificación de parcelas; elaboración de artesanías; uso de pasturas mejoradas; migración temporal a otros sectores del país o a otros países; establecimiento de huertos familiares; fuentes de agua protegidas; siembra en curvas a nivel; empleo de terrazas; fertilización orgánica; establecimiento de viveros (árboles para reforestación o frutales); cría y utilización de animales menores. Sin embargo, se encontraron algunas estrategias y tecnologías que mostraron dependencia de la zona de la cuenca; entre ellas: empleo de sistemas de riego (parte

baja), sistemas de captación y almacenamiento de agua, uso de barreras vivas o muertas, empleo de abonos verdes y plantación de frutales (parte alta). Estas estrategias de adaptación corresponden, en el caso del riego, a la principal actividad agrícola - producción de hortalizas con microrriego (Cajina 2006).

Las tecnologías que dependen de la zona indican que para la difusión y utilización de las mismas no se está siguiendo un enfoque integral de cuencas en todos los estratos, principalmente en cuanto a las técnicas para favorecer la conservación de suelos y aguas (barreras vivas o muertas, abonos verdes y sistemas de almacenamiento y captación de aguas). Sin embargo, el hecho de que los sistemas de riego y plantación de frutales sea diferenciado por estratos no indica necesariamente que el enfoque de cuencas esté aislado, sino que las técnicas se adoptan en función de la capacidad de uso del suelo. Estos resultados coinciden en parte con los obtenidos por Gómez (2003), quien determinó un bajo porcentaje de familias que poseen estructuras para almacenar agua, pozos y riego en sus fincas, lo que hace que el grado de vulnerabilidad a la sequía sea muy alto en varias zonas de la subcuenca.

Valoración de las áreas más vulnerables a la sequía y planteamiento de estrategias y tecnologías de adaptación en la subcuenca del río Aguas Calientes

Para establecer una jerarquización de las estrategias y tecnologías de adaptación a la sequía, se partió de una revalorización de los sectores críticos. Para ello se utilizó como base el mapa de vulnerabilidad a la sequía realizado por Gómez (2003); además, se redefinieron las comunidades, e incluso las áreas más vulnerables a la sequía, bajo el criterio determinante de disponibilidad de agua para consumo humano de forma permanente. A partir de esta clasificación se plantearon alternativas de solución que permitan la

adaptación de las áreas identificadas como de alta vulnerabilidad, de acuerdo a las opiniones expresadas por productores y técnicos de la subcuenca. Las mismas se clasificaron en estrategias y tecnologías (Cuadro 3). Se destacó una estrategia común en las áreas priorizadas, la cual contempla los siguientes puntos: protección de pequeñas fuentes de agua superficial y subterránea (cercado, reforestación), fomento de asociaciones de productores para procesar frutos, con posibilidad de crear microempresas.

El henequén y la pitahaya como alternativas productivas en las estrategias de adaptación a la sequía y la variabilidad climática

Cultivo de henequén
Los costos promedio de producción de henequén bajo el sistema tradicional en la subcuenca son de US\$627 por manzana (0,70 ha) el primer año. Estos costos incluyen el establecimiento y el manejo de la plantación; aunque a partir del segundo año, una vez establecido el cultivo, los costos de mantenimiento se reducen a US\$227 debido a que aún no se cosecha la fibra. A partir del tercer año, se tiene un costo estable que asciende a

US\$ 484, incluyendo el mantenimiento y la cosecha de la fibra.

Los indicadores de rentabilidad financiera obtenidos para el modelo de producción de henequén mostraron un valor actual neto (VAN) al final del décimo año de \$78, valor negativo para el ciclo de producción seleccionado (diez años). La relación beneficio/costo (B/C) también indica un valor no satisfactorio (0,97). La tasa interna de retorno (TIR) fue de 8%, valor que indica que la actividad no es rentable en situaciones donde la tasa de descuento es superior a 8%, y que cualquier actividad que genere tasas de descuento mayores resultará más rentable que la producción de henequén. Los resultados de los indicadores estimados reflejan que la producción de henequén bajo el sistema actual de la subcuenca es insostenible financieramente. La inversión produce réditos negativos, ya que por cada dólar invertido se pierden 0,03 dólares y la capitalización al final del ciclo es negativa. Sin embargo, es posible que algunos productores aún reciban beneficios de la plantación, ya que sus costos de producción son menores a los

considerados en el modelo; o sea que dejan de realizar actividades de mantenimiento como fertilización o control de plagas, entre otros.

Por lo general, los productores venden la fibra como materia prima (sin procesamiento). El análisis de sensibilidad consideró la venta de fibra procesada (mecate), con lo que se obtuvieron valores de rentabilidad financieramente atractivos para el pequeño productor henequenero. Aun si se consideran pequeños porcentajes de disminución en el precio de venta y aumentos en los costos por la transformación de la fibra, la rentabilidad sigue siendo positiva. Esto obedece a que el precio de venta es aproximadamente tres veces mayor al de la fibra. Con este escenario se tendrían capitalizaciones de US\$3400-2460 a lo largo del ciclo. En todos los casos, los beneficios superarían a los costos y la TIR sería mucho mayor a la tasa de descuento considerada para el análisis.

Cultivo de pitahaya

El sistema de cultivo emplea en su totalidad mano de obra familiar. Por lo general, las encargadas de la comercialización de la fruta son las

Cuadro 3.
Estrategias y tecnologías identificadas por comunidades con alta vulnerabilidad a la sequía en la subcuenca del río Aguas Calientes

Comunidad	Estrategias o tecnologías	
Santa Isabel	Tecnologías: <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de captación de grandes volúmenes de agua de lluvia ajustados a demanda • Obras de conservación de suelo y agua con técnicas adecuadas 	
Aguas Calientes, sector Las Penas	Tecnologías: <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de regeneración natural de la cobertura vegetal • Sistemas de captación de agua de techo y lluvia en las viviendas • Obras de conservación de suelos 	
Unile	Estrategias: <ul style="list-style-type: none"> • Confección de artesanías de henequén • Estudio de la composición del subproducto del desfibre de henequén y enriquecimiento del mismo para uso como abono orgánico • Validación de alternativas (semillas y otros) y estudio de potencialidades de mercado • Gestión de apoyo económico para ensayos conducidos por pequeños grupos de experimentadores sobre sorgo africano cruzado con variedades criollas 	Tecnologías: <ul style="list-style-type: none"> • Asociación del henequén con sorgo durante los primeros tres años de la plantación • Empleo de los residuos de henequén para abonar áreas más deterioradas en la zona; tratamiento de residuos para lograr su descomposición adecuada • Validación de otros rubros alternativos, como el cultivo de pitahaya • Creación de un banco de semillas de variedades criollas, adaptadas a las condiciones locales
Santa Rosa	Tecnologías: Validación de semillas y rubros no tradicionales como yuca (<i>Manihot esculenta</i>), camote (<i>Ipomoea batatas</i>), piña (<i>Ananas comosus</i>), jocote corona y tronador (<i>Spondia pupurea</i>), calala (<i>Passiflora edulis</i>), granadilla (<i>Passiflora ligularis</i>), papaya (<i>Carica papaya</i>), limón indio (<i>Citrus sp.</i>), zacate de limón (<i>Cymbopogon citratus</i>)	

mujeres del hogar. Los costos totales de producción para este sistema ascienden a US\$114, incluyendo el establecimiento y otorgándole valor a la mano de obra empleada. Sin embargo, a partir del segundo año, los costos de mantenimiento disminuyen a US\$91.

El Cuadro 4 presenta los indicadores financieros obtenidos para los tres escenarios evaluados: (1) el sistema de huerto casero en la subcuenca, (2) el sistema de producción de Mozonte y (3) el sistema de producción de Masaya. Se puede ver que en todos los escenarios se obtienen indicadores financieros con valores que harían atractiva la inversión en el rubro. El escenario 1 presentó el menor VAN por la escasa densidad de plantas que utilizan y los cuidados mínimos para el manejo; sin embargo, la razón B/C es superior a 1 y la TIR es positiva y bastante mayor a la tasa de descuento utilizada en el cálculo de los indicadores. Los escenarios 2 y 3 poseen TIR muy altas, así como razón B/C superiores a 1. El escenario 3 es claramente el que devuelve el mayor valor de capitalización a lo largo del ciclo; no obstante, la razón B/C del escenario 2 es un poco mayor que este debido, posiblemente, a que se obtienen mayores beneficios con este sistema de menor superficie y manejo semitecnificado pero con costos menores y mayor precio de venta. Lo anterior podría responder también a que la oferta (número de productores de pitahaya) de esa zona es todavía muy baja, comparada con el mayor número de productores en Masaya.

Conclusiones

- El estándar de evaluación propuesto determinó que la subcuenca Aguas Calientes posee una baja adaptación a la sequía.
- Las calificaciones particulares por nivel jerárquico indican los aspectos en los cuales el desempeño de la subcuenca es más deficiente; los

Cuadro 4.

Indicadores financieros para los escenarios de producción de pitahaya en la subcuenca del río Aguas Calientes

Indicador	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
VAN (US\$)	89	3225	5719
TIR	42%	> 100%	>100%
B/C	1,13	1,68	1,54
Valor de la mano de obra familiar (US\$)	2,4	28,1	
i%(td) 10,0%			

mismos son una base para diseñar estrategias específicas que conduzcan a mejorar la situación.

- Se determinó que en la subcuenca del río Aguas Calientes se aplica el enfoque sistémico de cuencas hidrográficas de manera parcial y con muchas debilidades.
- Entre las estrategias de adaptación a la sequía en la subcuenca se encontraron la recuperación del bosque, la aplicación de tecnologías de captación y almacenamiento de agua de lluvia, la protección de fuentes de agua y las asociaciones de productores como microempresas.
- El análisis financiero indicó que el cultivo de henequén, como alternativa de adaptación a la sequía, bajo el sistema de producción actual es una actividad insostenible. Sin embargo, al considerar la transformación de la fibra en mecate (cabuya de henequén), la

rentabilidad del rubro sí presenta valores atractivos financieramente para el pequeño productor henequenero.

- El análisis financiero del cultivo de pitahaya, como alternativa de adaptación a la sequía, bajo el sistema de producción en huertos caseros posee indicadores financieros positivos, pero con muy baja capitalización de fondos en comparación con los sistemas productivos de Mozonte.
- El cultivo de pitahaya sería una buena alternativa de adaptación en la subcuenca si se emplea el mismo sistema de Mozonte (mayor número de plantas por superficie), atendiendo principalmente a que en el mercado más cercano (municipio de Somoto), toda la oferta de pitahaya proviene de Masaya. La producción de pitahaya en la subcuenca podría abastecer el mercado de Somoto.

Literatura citada

- Alcaldía Municipal de Somoto. 2001. Plan rector de producción y conservación: subcuenca del río Aguas Calientes. Somoto, NI, Alcaldía Municipal de Somoto-TROIOSEC. 36 p.
- Benegas Negri, L.A. 2006. Propuesta metodológica para evaluar la adaptación de los productores a la variabilidad climática, principalmente a la sequía, en cuencas hidrográficas en América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 160 p.
- Cajina, M. 2006. Alternativas de captación de agua en la subcuenca del río Aguas Calientes para mejorar los beneficios socioeconómicos y ambientales de las comunidades de los municipios de Somoto y San Lucas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 228 p.
- Gómez, S. 2003. Análisis de vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 91 p.
- León, J. 1987. Botánica de cultivos tropicales. San José, CR, IICA. 445 p.
- López, H. 1996. Cultivo de la pitahaya. Managua, NI, INTA. Guía tecnológica no. 6. 25 p.
- Lorío, A. 2004. Procesos organizativos, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico y mitigación de la sequía, subcuenca del Río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 165 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NI). 2004. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía. Managua, NI, MARENA-PNUD. 50 p.